



Bio-Oil dari Limbah Padat Sawit

Edy Saputra, Syaiful Bahri, Edward Hs

Laboratorium Teknik Reaksi Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya km 12,5 Pekanbaru, 28293
e-mail: edy@unri.ac.id

Abstrak

Bahan bakar minyak merupakan sumber energi terpenting untuk kehidupan manusia. Produksi bahan bakar minyak yang berasal dari bahan bakar fosil semakin hari semakin menurun. Untuk itu diperlukan suatu alternatif sumber energi yang dapat diperbaharui dalam menggantikan bahan bakar fosil, salah satunya adalah mengkonversikan biomas menjadi bio-oil. Dalam penelitian ini digunakan limbah padat sawit, yaitu batang dan tandan kosong sawit dengan ukuran partikel 2-6 dan 6-10 mesh. Proses yang digunakan untuk mengkonversikan limbah padat sawit pada penelitian ini yaitu *slow pyrolysis*. Proses ini dilakukan pada reaktor pipa stainless steel dengan diameter 3,81 cm dan panjang 60 cm, pada kisaran temperatur 450-600°C yang dialiri gas nitrogen. Hasil yield tertinggi dicapai pada suhu 500°C dengan diameter partikel 2-6 mesh. Produk bio-oil dilakukan analisa dengan menggunakan GC HP 5890 II. Pada produk bio-oil juga teridentifikasi adanya etanol, benzena, toluena dan xylene.

Kata kunci: bio-oil, limbah padat sawit, pyrolysis

1. Pendahuluan

Bahan bakar minyak merupakan kebutuhan yang sangat penting dalam kehidupan. Bahan bakar yang digunakan selama ini berasal dari minyak mentah yang diambil dari perut bumi, sedangkan minyak bumi merupakan bahan bakar yang tidak dapat diperbaharui, sehingga untuk beberapa tahun ke depan diperkirakan masyarakat akan mengalami kekurangan bahan bakar. Pada dasawarsa 70-an dan sebelumnya, minyak dan gas bumi telah memainkan peranan penting dalam menyumbang devisa bagi negara dan menjadi andalan ekspor Indonesia. Keadaan ini tidak dapat lagi dipertahankan pada dasawarsa 90-an. Bahkan pada abad 21 sekarang ini Indonesia diperkirakan akan menjadi net importer bahan bakar fosil (Kartasamita, 1992). Melihat hal ini, sudah saatnya untuk mengembangkan berbagai energi alternatif yang dapat diperbaharui.

Pada saat sekarang telah banyak dilakukan penelitian yang berkaitan dengan bahan bakar alternatif pengganti minyak bumi, seperti penelitian yang dilakukan oleh Beis dkk. (2002), Ozbay dkk. (2001) dan Onay dkk. (2004) yaitu mengkonversikan biomas menjadi produk bio-oil. Goyal dkk. (2006) melaporkan bahwa *bio-oil* merupakan salah satu sumber energi alternatif yang dapat diperbaharui. *Bio-oil* sangat menjanjikan dan dapat digunakan untuk berbagai keperluan industri antara lain sebagai *combustion fuel* dan *power generation* untuk memproduksi

bahan kimia serta dapat dicampur dengan minyak diesel sebagai bahan bakar mesin diesel.

Biomas yang digunakan untuk memproduksi *bio-oil* dapat diperoleh dari limbah pertanian, hutan, perkebunan, industri dan rumah tangga. Negara-negara tropis seperti Indonesia umumnya memiliki biomas yang berlimpah. Sekitar 250 milyar ton per-tahun dihasilkan dari biomas hutan dan limbah pertanian. Limbah pertanian secara umum berasal dari perkebunan kelapa sawit, tebu, kelapa serta sisa panen dan lain-lainnya yang mencapai kira-kira 40 milyar ton per-tahun (Suwono, 2003). Dari estimasi potensi limbah perkebunan dari tahun 2001-2003 dilaporkan bahwa di Indonesia limbah kelapa sawit mempunyai potensi yang lebih besar dibandingkan dengan batang karet, kelapa dan tebu. Potensi yang besar ini karena Indonesia memiliki perkebunan kelapa sawit sekitar 4 juta Ha dengan total produksi 8 juta ton CPO dan Kernel (Suwono, 2003).

Berdasarkan data BPS tahun 2004 dari 4 juta Ha perkebunan tersebut, sekitar 1,23 juta Ha berada di Propinsi Riau. Luasnya lahan kebun kelapa sawit akan menghasilkan limbah padat sawit yang sangat banyak. Limbah padat sawit yang dihasilkan dapat berupa cangkang, batang, tandan kosong, pelepah dan lain-lain yang merupakan sisa dari industri sawit yang belum dimanfaatkan secara optimal (Padil, 2005). Selama ini, limbah padat sawit dibakar di lahan dan

menghasilkan abu yang digunakan sebagai pupuk tanaman (Suwono, 2003). Selain itu limbah padat seperti cangkang digunakan sebagai bahan bakar boiler untuk pembangkit uap serta bahan baku karbon aktif. Namun pemanfaatan limbah dengan metode seperti ini hanya dapat menanggulangi limbah dalam skala kecil sedangkan limbah padat diproduksi dalam skala yang cukup besar (Miura dkk., 2003). Untuk itu diperlukan suatu terobosan yang dapat mengolah limbah padat sawit. Karena limbah padat sawit mempunyai potensi sebagai sumber energi, maka pada penelitian ini menggunakan limbah padat sawit (batang kelapa sawit, tandan kosong dan pelepah) sebagai biomas untuk memproduksi *bio-oil*.

Pemilihan limbah padat sawit pada penelitian ini karena Riau merupakan salah satu propinsi yang memiliki perkebunan kelapa sawit yang luas serta komponen kelapa sawit seperti batang, daun, tandan kosong mengandung holoselulosa yang cukup tinggi (batang 86,03%, daun 69,86 %, tandan kosong 73,85%, akar 67,89%) (Anderson dan Khalid, 2000). Kandungan holoselulosa ini akan berpengaruh pada kecepatan pembentukan produk, semakin tinggi kandungan selulosa maka pembentukan produk akan lebih tinggi (Song dkk., 2000). Proses yang digunakan dalam memproduksi *bio-oil* adalah *slow pyrolysis*. *Slow pyrolysis* merupakan proses dimana partikel-partikel bahan organik atau biomas diberikan pemanasan secara cepat pada suhu antara 450-600°C tanpa adanya kandungan oksigen dalam proses. Dari proses tersebut diperoleh uap organik, gas dan arang. Uap organik dikondensasikan menjadi *bio-oil* dengan hasil mencapai 38-60% berat dari umpan yang dimasukkan (Goyal dkk., 2006).

2. Metodologi

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah padat sawit yang terdiri dari batang, tandan kosong dan pelepah. Bahan lain yang digunakan adalah gas nitrogen. Sedangkan alat yang digunakan adalah *furnace turbular*, pipa *stainless steel* (sebagai reaktor), kondenser, oven, picnometer, viskometer ostwald, statif, *beaker glass*, kertas indikator universal, *bubble flow meter*. Limbah padat sawit yang digunakan terlebih dahulu dipotong kecil-kecil. Limbah padat sawit yang telah dihaluskan kemudian diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 2, 6 dan 10 mesh, sehingga diperoleh *biomas* dengan ukuran 6-10 mesh dan 2-6 mesh. Selanjutnya limbah padat sawit yang telah dihaluskan dimasukkan ke dalam oven untuk

menghilangkan kadar air limbah padat sawit sampai kelembaban kurang dari 10 %-berat.

Selanjutnya partikel *biomas* diproses dengan proses *pyrolysis*. Dalam proses *pyrolysis* digunakan reaktor yang terbuat dari pipa *stainless steel* dengan diameter 3,81 cm dan panjang 60 cm. Reaktor dipanaskan menggunakan *furnace turbular* dengan cara mengatur temperatur *furnace* sehingga mencapai temperatur operasi sesuai variabel penelitian.

Limbah padat sawit yang telah dihaluskan sebanyak 45 gram dimasukkan ke dalam reaktor. Selanjutnya gas nitrogen dialirkan ke dalam reaktor dengan kecepatan 1 mL/detik. Uap organik yang dihasilkan dikondensasi menggunakan kondenser untuk mendapatkan cairan yang dinamakan *bio-oil*. Proses berlangsung sampai tidak terlihat lagi uap organik atau cairan yang keluar dari hasil kondensasi.

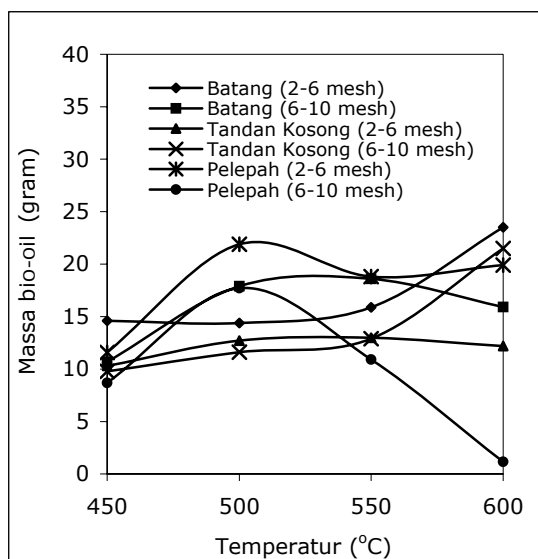
Bio-oil yang dihasilkan kemudian ditentukan pH dan densitasnya masing-masing dengan menggunakan kertas indikator dan picnometer. Untuk menentukan komponen yang terkandung dalam *bio-oil*, dilakukan analisa menggunakan *gas chromatography*.

3. Hasil Dan Pembahasan

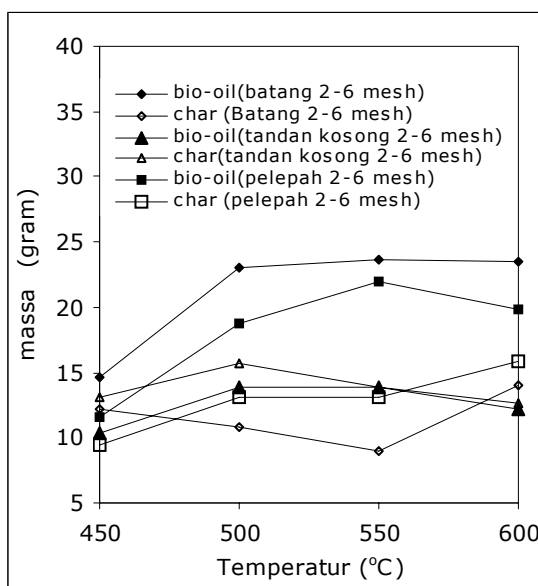
3.1 Pengaruh Temperatur terhadap *Bio-oil* yang Dihasilkan

Gambar 1 memperlihatkan hubungan temperatur terhadap *bio-oil* yang dihasilkan. Pengaruh temperatur dipelajari pada suhu 450, 500, 550 dan 600°C. Sedangkan Gambar 2 memperlihatkan perbandingan *yield bio-oil* dan *char* yang dihasilkan pada suhu tertentu. Secara teoritis, *yield bio-oil* akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan *char* akan berkurang dengan menurunnya suhu. *Yield* maksimum yang diperoleh pada suhu 500°C.

Dari Gambar 1 terlihat bahwa dari hasil penelitian didapatkan bahwa *yield bio-oil* maksimum diperoleh pada suhu 500°C, kecuali untuk variabel batang 6-10 mesh dan pelepah 6-10 mesh. Hal ini terjadi karena kandungan holoselulosa pada tandan kosong dan pelepah lebih kecil jika dibandingkan dengan kandungan holoselulosa pada batang kelapa sawit. Kandungan holoselulosa ini berpengaruh pada jumlah pembentukan *bio-oil* karena semakin banyak kandungan holoselulosa pada suatu bahan maka *bio-oil* yang terbentuk juga akan semakin banyak (Song dkk., 2000).



Gambar 1. Hubungan antara temperatur dengan massa *bio-oil* yang dihasilkan



Gambar 2. Perbandingan jumlah *bio-oil* dan *char* yang dihasilkan pada suhu tertentu

Sedangkan dari Gambar 2 terlihat bahwa semakin banyak *yield bio-oil* yang dihasilkan pada batang dan pelepah maka akan menghasilkan jumlah *char* yang sedikit. Hal ini terjadi karena *char* merupakan uap organik yang tidak dapat terkondensasi menjadi *bio-oil*. Oleh karena itu, semakin banyak uap organik yang terkondensasi maka *char* yang dihasilkan akan semakin sedikit.

3.2 Pengaruh Jenis Limbah Sawit terhadap Massa *Bio-oil*

Biomass yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah padat sawit meliputi batang, tandan kosong dan pelepah. Perbandingan jumlah *bio-oil* yang dihasilkan sebagaimana

disajikan pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat bahwa *bio-oil* terbanyak diperoleh pada batang kelapa sawit pada suhu 600°C. Sedangkan pada pelepah dan tandan kosong, *bio-oil* lebih banyak dihasilkan pada suhu 500°C. Namun, *bio-oil* lebih banyak dihasilkan oleh tandan kosong pada suhu 600°C sedangkan untuk pelepah dan batang kelapa sawit, *bio-oil* yang dihasilkan lebih banyak pada suhu 500°C. Namun secara keseluruhan *bio-oil* yang tertinggi diperoleh dari batang kelapa sawit. Secara teoritis, semakin besar kandungan holoselulosa maka pembentukan produk (*bio-oil*) akan semakin tinggi. Berdasarkan data, kandungan holoselulosa batang kelapa sawit lebih besar dari pada limbah padat sawit lainnya (Anderson dan Khalid, 2000)

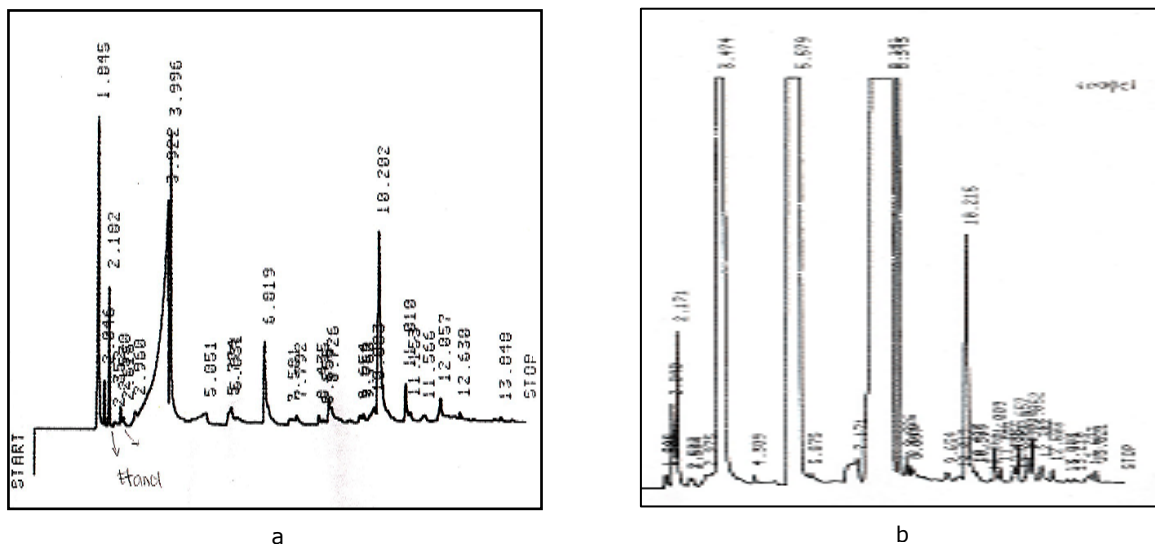
3.3 Pengaruh Ukuran Partikel terhadap *Bio-oil*

Pengaruh ukuran partikel padatan sawit terhadap *bio-oil* yang dihasilkan juga dapat dilihat pada Gambar 1. Dari Gambar 1 terlihat pengaruh ukuran partikel terhadap *bio-oil* yang dihasilkan. Secara keseluruhan untuk beberapa percobaan *biomass* dengan ukuran 2-6 mesh menghasilkan *bio-oil* yang lebih banyak daripada *biomass* dengan ukuran 6-10 mesh. Hal ini diduga karena pada *biomass* dengan ukuran kecil maka gas Nitrogen tidak dapat masuk secara merata pada keseluruhan rongga. Sedangkan untuk *biomass* dengan ukuran 2-6 mesh, *bio-oil* akan lebih mudah terbentuk karena gas Nitrogen dapat masuk secara merata pada keseluruhan rongga antar *biomass*. Sehingga akan mengurangi jumlah oksigen yang terdapat dalam reaktor. Dengan adanya oksigen dalam reaktor, maka akan terjadi pembakaran yang akan menghasilkan arang dan mengurangi jumlah *bio-oil* yang dihasilkan.

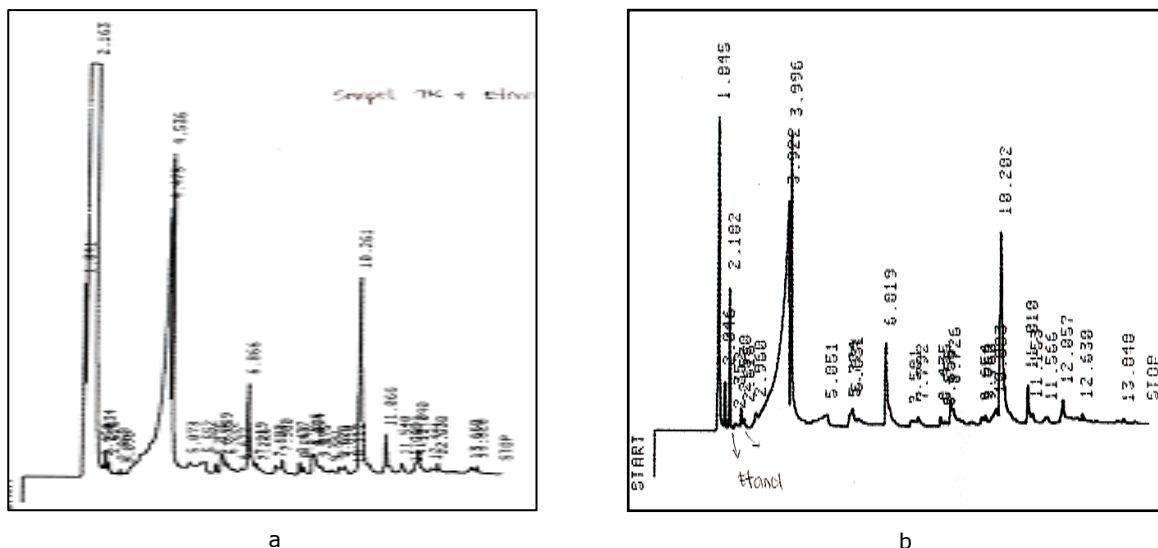
3.4 Analisis Kromatografi

Analisis menggunakan *gas chromatography* HP 5890 II. Untuk menentukan kandungan yang terdapat dalam *bio-oil*, analisa dilakukan dengan metoda standar adisi (penambahan etanol dan BTX -benzena, toluena dan xylen- pada sampel tandan kosong). Hasil analisis disajikan pada Gambar 3 dan 4.

Gambar 3 memperlihatkan hasil analisa sampel menggunakan *gas chromatography* sebelum dan sesudah penambahan standar adisi. Dari Gambar 3 dapat diduga bahwa produk *bio-oil* yang dihasilkan mengandung benzene, toluene dan xylen (puncak yang standar adisi lebih tinggi dibandingkan dengan yang tanpa adisi). Sedangkan



Gambar 3. Waktu retensi sampel tandan kosong sebelum ditambah BTX (a) dan setelah ditambahkan BTX (b)



Gambar 4. Waktu retensi tandan kosong sebelum ditambah etanol (a) dan setelah ditambah etanol (b)

Gambar 4 memperlihatkan sampel sebelum dan sesudah ditambah etanol. Gambar 4 menunjukkan kecenderungan yang sama dengan Gambar 3. Hal ini disebabkan setelah penambahan standar adisi puncak dominan naik seiring dengan penambahan standar dibanding tanpa penambahan standar.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan ini, dapat dilihat bahwa limbah padat sawit merupakan biomas yang sangat berpotensi menghasilkan *liquid* yang dapat didefinisikan sebagai *bio-oil* yang dapat digunakan sebagai bahan bakar. Secara teoritis, kandungan etanol yang terdapat dalam *bio-oil* merupakan bahan dasar untuk dijadikan

bahan bakar. *Bio-oil* yang dihasilkan memiliki sifat-sifat sebagai berikut:

p : 0,99 – 1,1 gr/ml
 pH : 3, hal ini disebabkan oleh asam asetat yang terdapat dalam *bio-oil*.
 Warna : Coklat tua
 Bau : Asap

4. Kesimpulan

Bio-oil yang dihasilkan akan meningkat dengan meningkatnya suhu dan *char* yang dihasilkan akan semakin menurun dengan meningkatnya suhu. *Bio-oil* maksimum

diperoleh pada suhu 500°C dan ukuran partikel biomas 2-6 mesh. Analisa *bio-oil* dengan *gas chromatography* dapat disimpulkan bahwa sampel yang dianalisa mengandung etanol, benzene, toluene dan xilen.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada mahasiswa dan laboran yang telah membantu dalam menyelesaikan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- Anderson dan Khalid (2000) Decomposition processes and nutrient release patterns of oil palm residu *Journal of Oil Palm Research*, 12, 46-63.
- Bain dan Richard, L. (2004) An introduction to biomas thermochemical conversion. *DEO/NASLUGC Biomas and Solar Energy Workshop*. August 3-4.
- Beis, S. H., Onay, O., Kockar, O. M. (2002) Fixed bed pyrolysis of safflower seed: influence of pyrolysis parameter on product yields and compositions, *Journal Renewable Energy*, 26, 21-32.
- Goyal, H. B., Seal, D., Saxena, R. C. (2006) Bio-fuels from thermochemical conversion of renewable resources: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*.
- Miura, K., Masuda, T., Funazukuri, T., Suguwara, K., Shirai, Y., Hayashi, J., Karim, M. I. A. Ani, F. N., Susanto, H. (2003) Efficient Use of Oil Palm as Renewable Resource for Energy & Chemical. *Project Design Document*
- Kartasmita, G. (1992) Sumber energi yang tersedia cukup untuk ratusan tahun, *Pusat Pengembangan Tenaga Perminyakan Gas Bumi*, 8, 4-8.
- Onay, O., Kockar, O. M. (2004) Fixed bed pyrolysis of rapeseed (*Brassica Napus L*), *Journal Biomas Bioenergy*, 26, 289-299.
- Ozbay, N., Putun, A. E., Uzun, B. V., Putun, E. (2001) Biocrude from biomas: pyrolysis of cotton seed cake, *Journal Renewable Energy*, 24, 615-625.
- Padil (2005) Rancangan proses pengolahan limbah padat sawit menjadi asap cair (Liquid Smoke). *Prosiding Seminar Teknik Kimia – Teknologi Oleo dan Petrokimia Indonesia (STK-TOPI)*. Pekanbaru. 21 Desember.
- Song, C., Hu, H., Wang, G., Chen, G. (2000) Liquefaction of biomas with water in sub – and supercritical states. *Scientific Research Fund For Doctoral Award Unit*, Chinesse University.
- Suwono, A. (2003) Indonesia's potential contribution of biomas in sustainable energy development. Thermodynamics Laboratory. *IURC for Engineering Science*. Bandung Institute of Technology. Bandung.